

ヤングの実験についての理論検証

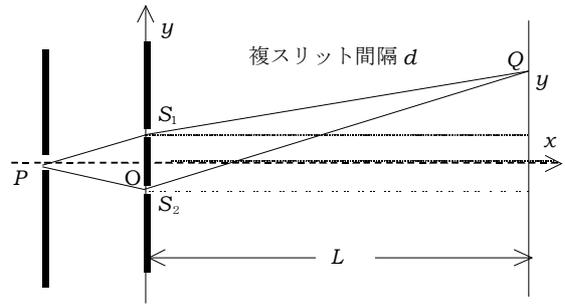
年

組 氏名(

)

複スリット S_1 、 S_2 を通った二つの光がスクリーン上で干渉する。

$P S_1 Q$ 、 $P S_2 Q$ の二つのコースの光は P では同位相だから、 $P S_1 Q$ 、 $P S_2 Q$ の距離の差により位相がずれる。その距離の差が半波長の偶数倍になるときは位相がずれないため光は強め合い明るくなる。その距離の差が半波長の奇数倍になるときは位相が逆になり光は弱め合い暗くなる。



$P S_1 Q$ 、 $P S_2 Q$ の距離の差 (ピタゴラスの定理) → []

複スリットからスクリーンまでの距離は複スリット間隔 d やスクリーン中心からの距離 y に比べて十分に大きいので、分子を有理化して近似すると

距離の差は []

明るくなる条件 → []

暗くなる条件 → []

結論

明るく見える位置 → []

暗く見える位置 → []

明線の間隔 → []

入門 複スリットの間隔 $d=0.10[\text{mm}]$ 、複スリットとスクリーンの距離 $L=3.0[\text{m}]$ でヤングの実験を行う。赤色の光 (波長 $\lambda=0.64 [\mu\text{m}]$) で実験をおこなった。干渉による明線の縞模様の間隔を求めなさい。

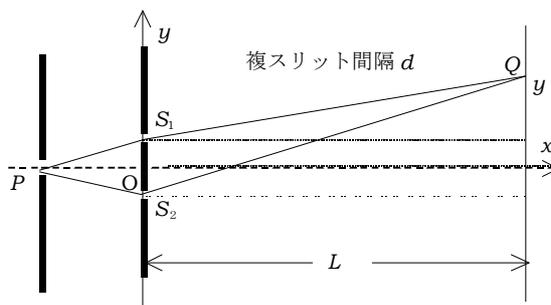
初級 複スリットの間隔が $0.60[\text{mm}]$ をスクリーンとの距離 $50[\text{cm}]$ に設置した装置でヤングの実験を行ったところ、スクリーン上での明線の間隔は $0.49[\text{mm}]$ であった。

- (1) このときに使った光の波長はいくらになるか。
- (2) この光の色は何色であっただろうか。教科書を参照して調べなさい。
- (3) 白色光でこの実験を行うとスクリーン上でどのように見えるか。

ヤングの実験についての理論検証 (解説)

複スリット S_1, S_2 を通った二つの光がスクリーン上で干渉する。

PS_1Q, PS_2Q の二つのコースの光は P では同位相だから、 PS_1Q, PS_2Q の距離の差により位相がずれる。その距離の差が半波長の偶数倍になるときは位相がずれないため光は強め合い明るくなる。その距離の差が半波長の奇数倍になるときは位相が逆になり光は弱め合い暗くなる。



PS_1Q, PS_2Q の距離の差 $\sqrt{L^2 + \left(y + \frac{d}{2}\right)^2} - \sqrt{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2}$ である。ただし、複スリットからスクリー

ンまでの距離は複スリット間隔 d やスクリーン中心からの距離 y に比べて十分に大きい。この条件をもとに距離の差の式の近似式を求める。まず、分子を有理化して、 $L \gg y, d$ の関係より分母を近似する。

$$\text{これより } \sqrt{L^2 + \left(y + \frac{d}{2}\right)^2} - \sqrt{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2} = \frac{\left\{L^2 + \left(y + \frac{d}{2}\right)^2\right\} - \left\{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2\right\}}{\sqrt{L^2 + \left(y + \frac{d}{2}\right)^2} + \sqrt{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2}} \approx \frac{dy}{L} \quad \text{と見なせる。}$$

したがって、二つのコース PS_1Q, PS_2Q の距離の差 $\frac{dy}{L}$ が波長の整数倍(半波長の偶数倍)のとき波

が強め合うので明るくなり、波長の整数 + $\frac{1}{2}$ 倍(半波長の奇数倍)のとき波が弱め合うので暗くなることになる。

結論

$$\text{明るく見える位置 } y = \frac{mL\lambda}{d} \quad (m \text{ は整数}) \rightarrow y = 0, \pm \frac{L\lambda}{d}, \pm \frac{2L\lambda}{d}, \pm \frac{3L\lambda}{d}, \pm \frac{4L\lambda}{d}, \dots$$

$$\text{明線の間隔 } \Delta y = \frac{L\lambda}{d}$$

実際の例

複スリットの間隔 $d = 0.10$ [mm]、複スリットとスクリーンの距離 $L = 3.0$ [m]、赤(波長 $\lambda = 0.64$ [μm])の場合

$$\text{干渉による明線の縞模様の間隔は } \Delta y = \frac{L\lambda}{d} = \frac{3.0 \times 0.64 \times 10^{-6}}{0.10 \times 10^{-3}} = 19.2 \times 10^{-3} \text{ であるので、}$$

1.9 [cm] 間隔の明暗模様が出来て示している。

初級 複スリットの間隔が 0.60 [mm] をスクリーンとの距離 50 [cm] に設置した装置でヤングの実験を行ったところ、スクリーン上での明線の間隔は 0.49 [mm] であった。

- (1) このときに使った光の波長はいくらになるか。
- (2) この光の色は何色であっただろうか。教科書を参照して調べなさい。
- (3) 白色光でこの実験を行うとスクリーン上でどのように見えるか。